

# Analisi dei Dati di Belle II

... LA PRATICA

*Belle II* Masterclass ~ 2021 03 17

Giulia Casarosa



# Tra Poco Ricostruirete dei Decadimenti...

... utilizzando i dati veri di *Belle II*

→ farete la ricostruzione dei seguenti decadimenti attraverso 9 “missioni”

$$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$$

1

$$\phi \rightarrow K^+K^-$$

2

$$K_S \rightarrow \pi^+\pi^-$$

3

$$D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+; \quad D^0 \rightarrow K^\pm\pi^\mp$$

4

$$B^+ \rightarrow J/\psi K^+; \quad J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-, e^+e^-$$

5

→ vediamo l'organizzazione e gli strumenti che avrete a disposizione per l'analisi:

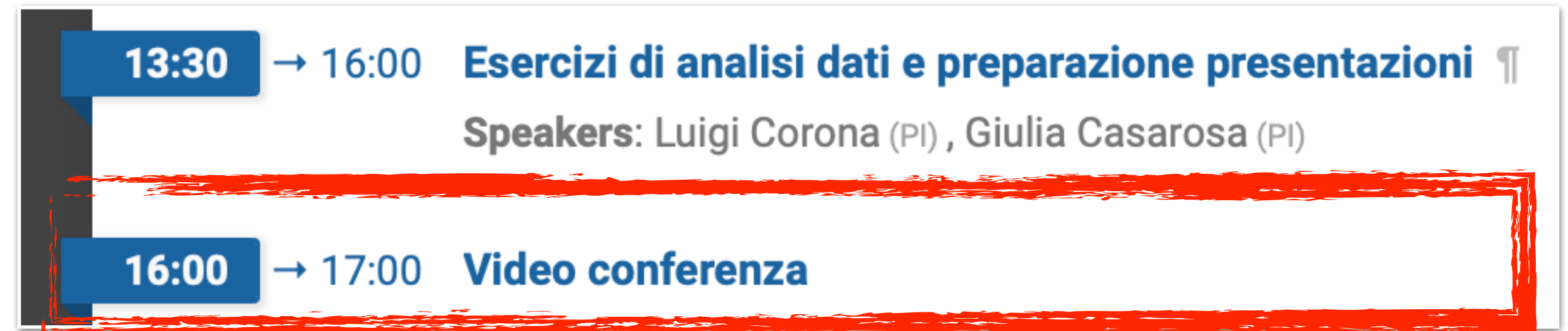
- ricostruzione, selezione, fit

# Organizzazione

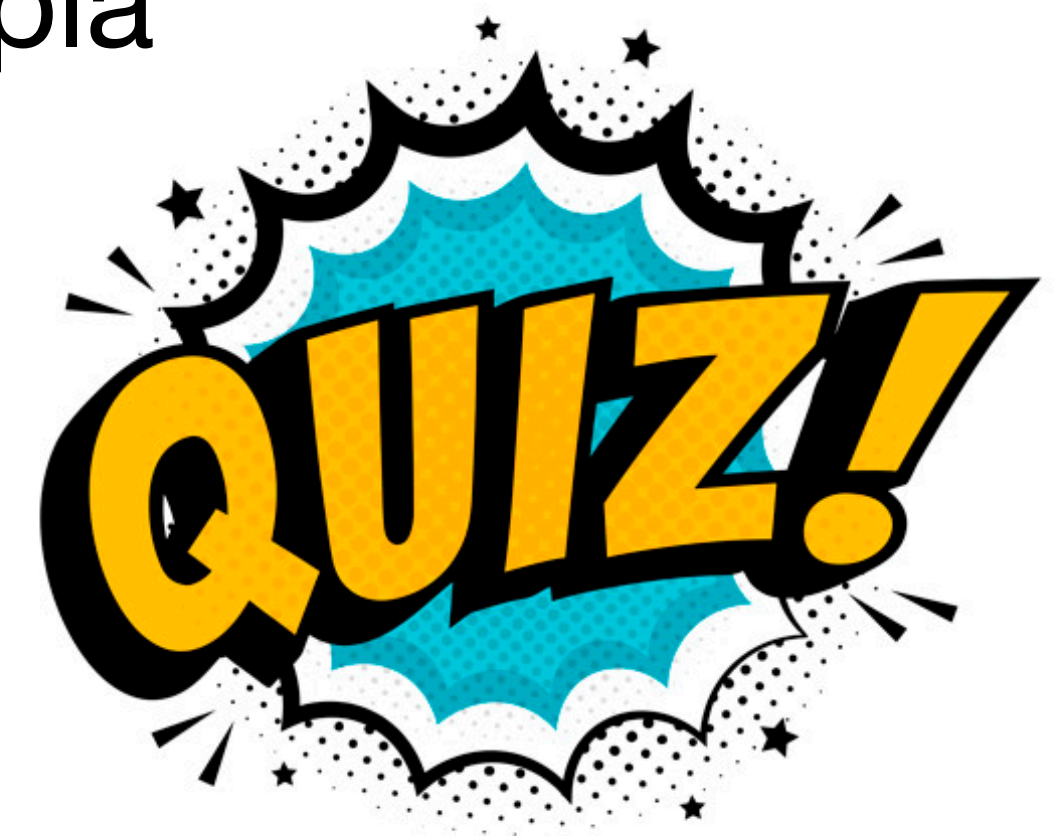
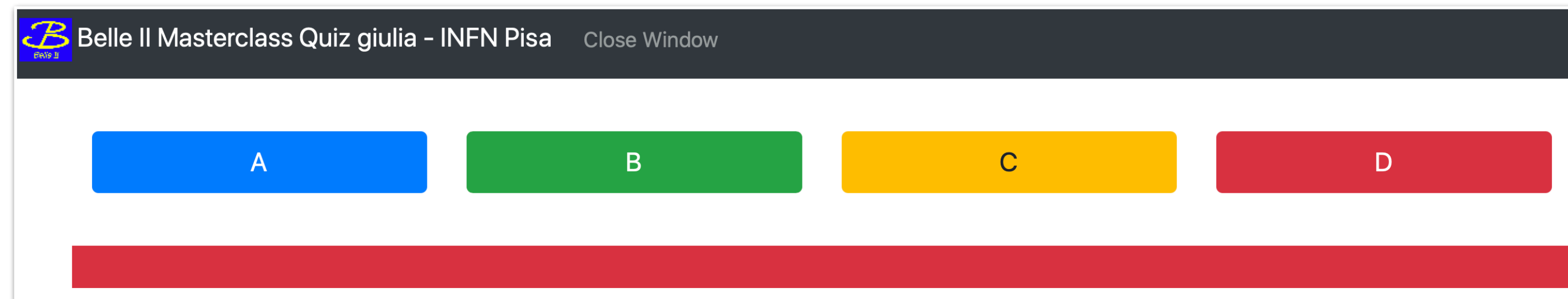
13:30	→ 16:00	<b>Esercizi di analisi dati e preparazione presentazioni</b> ↑
		Speakers: Luigi Corona (PI), Giulia Casarosa (PI)
16:00	→ 17:00	<b>Video conferenza</b>

- ➔ vi collegherete alla pagina <http://belle2.roma3.infn.it> su cui potrete fare l'analisi di dati di *Belle II*
  - si tratta di ricostruire decadimenti, produrre istogrammi e fare qualche fit, il tutto organizzato in 9 “missioni”
- ➔ sarete suddivisi in gruppi di 4 persone, ogni gruppo avrà a disposizione una *breakout room su zoom* in modo da potersi confrontare per la soluzione degli esercizi
- ➔ I tutor gireranno per le breakout room in modo da rispondere alle vostre domande (tecniche e non) e alle vostre curiosità
- ➔ I tutor prepareranno una piccola presentazione con il materiale da voi prodotto che verrà presentata (in inglese) durante la video conferenza con KEK e le altre scuole

# Video Conferenza



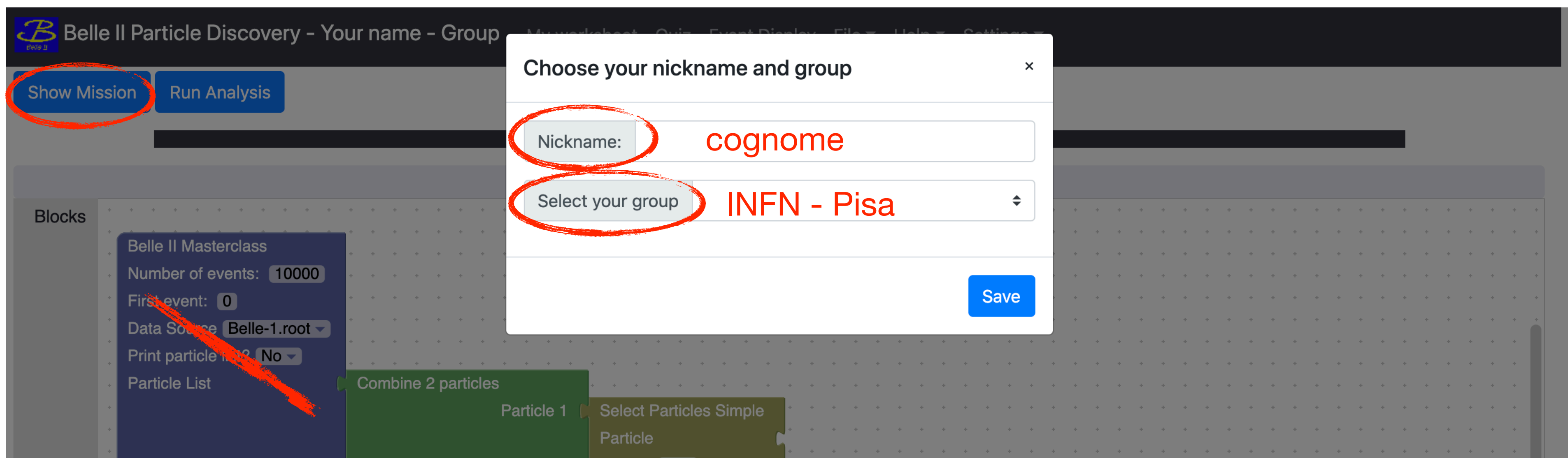
- ➔ Alla video conferenza parteciperanno le scuole che partecipano alla masterclass da altre città e ricercatori collegati da KEK
  - durante la video conferenza ci saranno le presentazioni del lavoro degli studenti
- ➔ Ci sarà anche un quiz (non si vince nulla!) a risposta multipla
  - collegandosi ad una pagina web si apre una finestra



- quando parte il cronometro dovrete cliccare sulla risposta che ritenete corretta (se cliccate prima la risposta non viene registrata!)

# Inizio

1. collegarsi a <http://belle2.roma3.infn.it>
2. inserire un nickname = cognome e selezionare il gruppo INFN - Pisa
3. cancellare i blocchi sul piano di lavoro
4. cliccare su “Show Mission” per leggere il testo del primo esercizio



# I Vostri Strumenti



riassunto  
del lavoro

mostrato  
stamani

Save  
Load Diagram


Switch to advanced level  
About  
Preferences

Choose your nickname and group

Nickname: Giulia

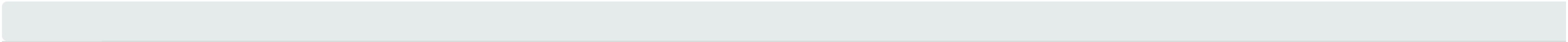
Select your group: INFN Pisa

Save

 Belle II Particle Discovery - Giulia - INFN Pisa

My worksheet Quiz Event Display File ▾ Help ▾ Settings ▾

Show Mission Run Analysis



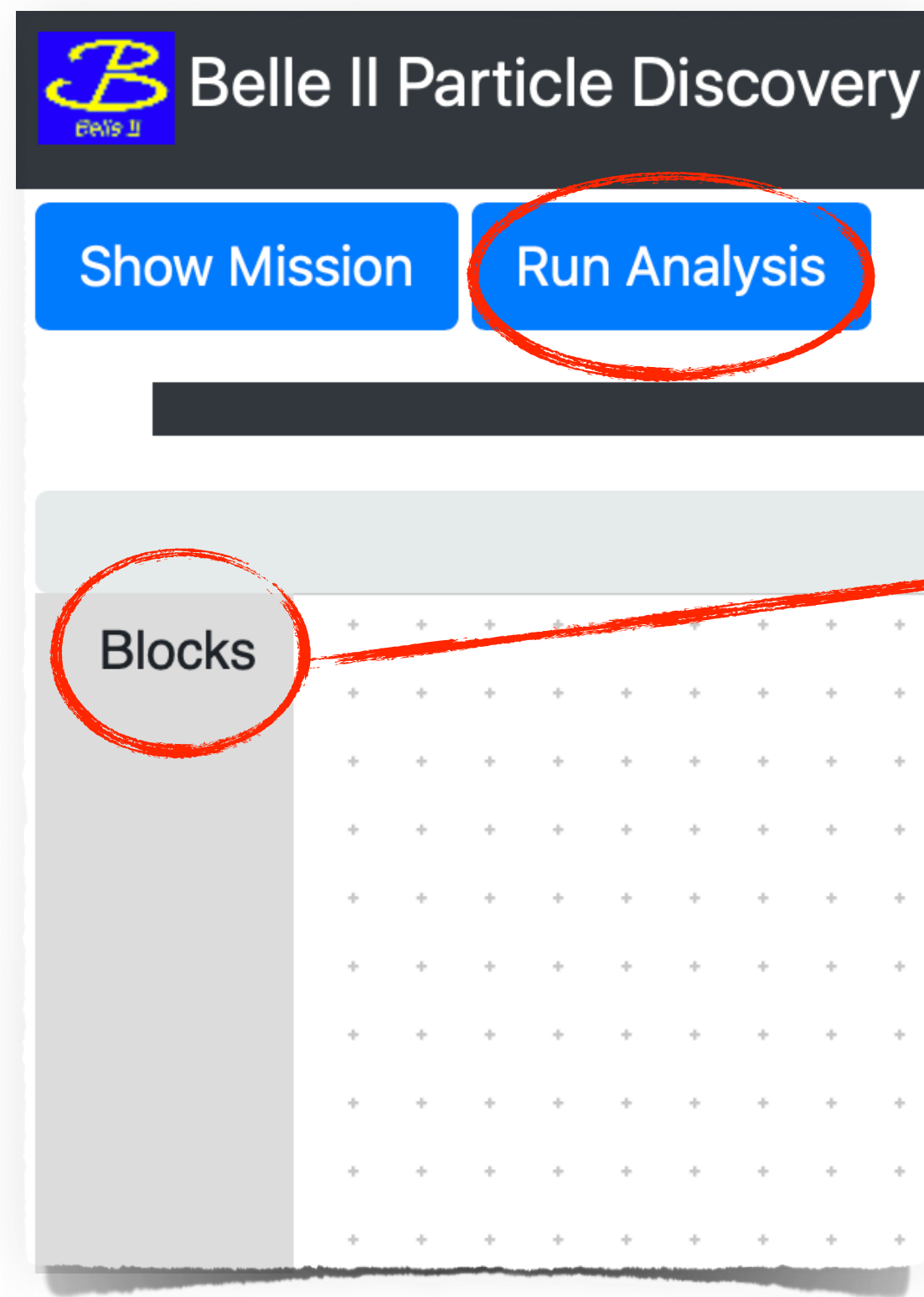
Blocks

piano di lavoro: blocchi da combinare per la ricostruzione e selezione,  
e per la costruzione di istogrammi che potrete poi fittare.

# Blocchi da Combinare

strumenti base

1. trascinare il blocco desiderato nello spazio di lavoro
2. combinarlo con gli altri blocchi per costruire la vostra analisi
3. click on **Run Analysis** per eseguire l'analisi



sceita del campione di dati

Belle II Masterclass

Number of events: 5000

First event: 0

Data Source BelleII.root

Print particle list? No

Particle List

creazione dell'istogramma

Histogram Title Mass Number of bins 200 Min: 0 Max: 5 Variable mass

combinazione di 2 particelle

selezione

Select Particles Simple

Particle

Charge -1

Type muon

Histograms

Combine 2 particles

Particle 1

Particle 2

Same particle lists? No

Set identity to electron

Min mass [GeV/c<sup>2</sup>] : 0

Max mass [GeV/c<sup>2</sup>] : 5

Histograms

# Esempio

The screenshot shows the Belle II Masterclass interface with the following settings:

- Belle II Masterclass**
- Number of events: 1000000
- First event: 0
- Data Source: Bellell.root
- Print particle list? Yes
- Particle List

**Combine 2 particles**

- Particle 1: Select Particles Simple, Particle, Charge Any, Type kaon, Histograms
- Particle 2: Select Particles Simple, Particle, Charge Any, Type pion, Histograms

Same particle lists? No

Set identity to D meson

Min mass [GeV/c<sup>2</sup>]: 1.8

Max mass [GeV/c<sup>2</sup>]: 1.9000000000000001

Histograms

Histogram Title Mass Number of bins 100 Min: 1.8 Max: 1.9000000000000001 Variable mass

piano di lavoro

selezionare **Bellell.root**

scrive a schermo la lista delle particelle finali in ogni per evento & crea l'istogramma del numero delle particelle finali

combino i K e i  $\pi$  insieme

seleziono i K di qualsiasi carica

seleziono i  $\pi$  di qualsiasi carica

creo l'istogramma della massa invariante delle coppie di K e  $\pi$



# Esempio

Print particle list? **Yes**

**Particle properties** ×

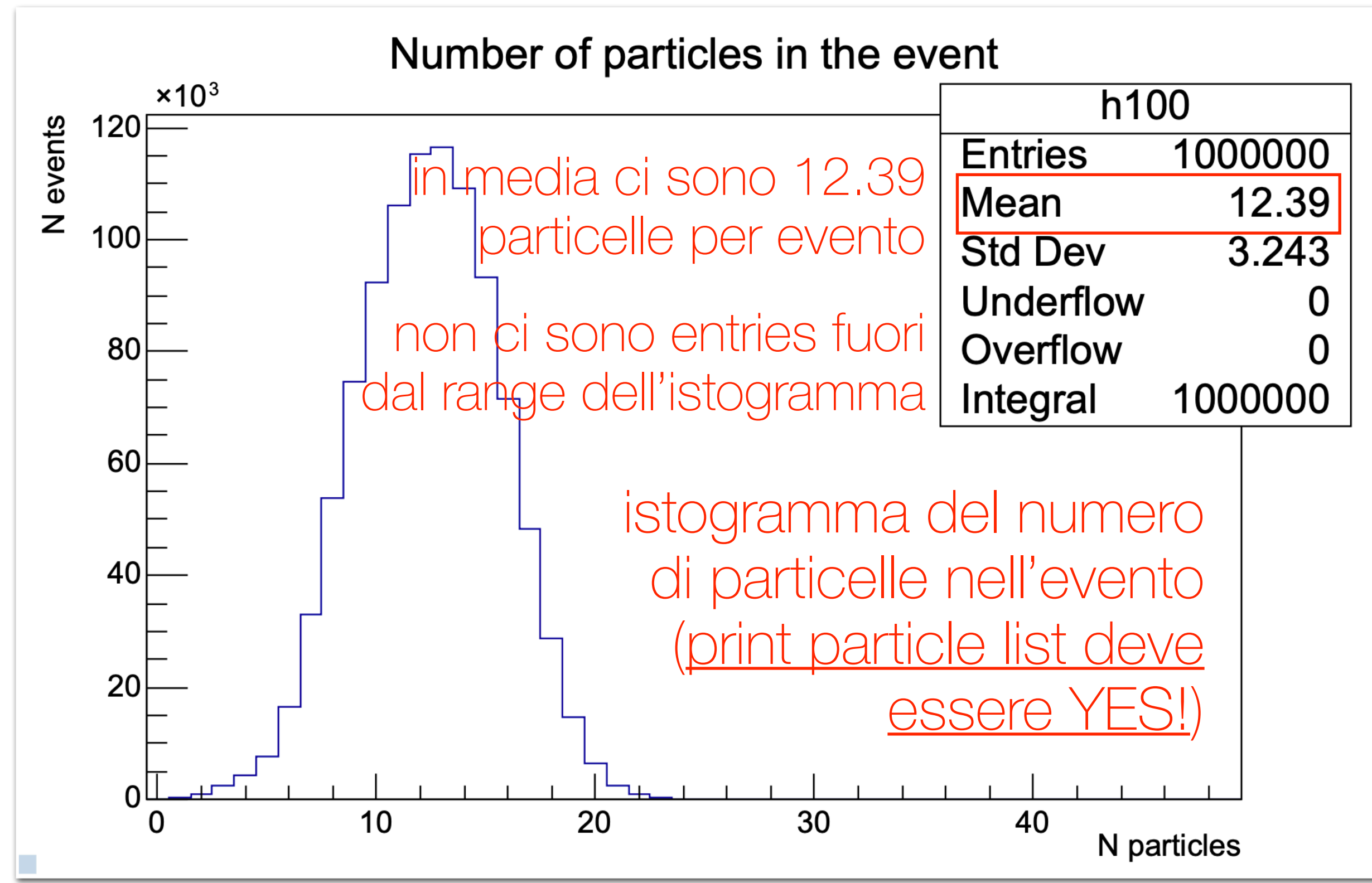
---

- momentum (px,py,pz) = (0.204516 , 0.139181 , -0.0325899) GeV/c
- energy = 0.970883 GeV/c<sup>2</sup>
- charge = 1
- identity = proton

---

- momentum = 0.250 GeV/c
- transverse momentum = 0.25 GeV/c
- polar angle theta = 97.50 deg.
- cos(theta) = -0.131
- invariant mass = 0.938 GeV/c<sup>2</sup>

ctrl-click su una particella



Number of Events in the file 7085107

lista di particelle

**Reconstructed particles of Event 0**

N	px(GeV/c)	py(GeV/c)	pz(GeV/c)	p(GeV/c)	Energy(GeV)	Charge	ID
1	-0.0432751	-0.963279	2.35054	2.54063	2.54446	1	pion
2	-0.0132683	-0.464986	0.329381	0.569982	1.09783	1	proton
3	0.332555	0.245834	0.543964	0.683318	0.697426	-1	pion
4	-0.00184963	0.10366	0.168331	0.197697	0.242	-1	pion
5	-0.0322308	0.14432	0.252137	0.292301	0.323913	1	pion
6	0.0373172	0.0630525	0.186629	0.200495	0.200495	0	photon
7	-0.0946252	-0.41141	1.04789	1.12973	1.12973	0	photon
8	-0.0623856	-0.197319	0.137847	0.248654	0.248654	0	photon

ctrl-click su due particelle

**Particle properties combined from two particles** ×

px [GeV/c]	py [GeV/c]	pz [GeV/c]	E [GeV/c <sup>2</sup> ]	charge	ID
-0.0124157	0.0937047	0.233791	0.252177	0	photon
0.0639491	-0.321978	0.742094	0.811457	0	photon
<b>0.0515</b>	<b>-0.2283</b>	<b>0.9759</b>	<b>1.0636</b>	<b>0</b>	

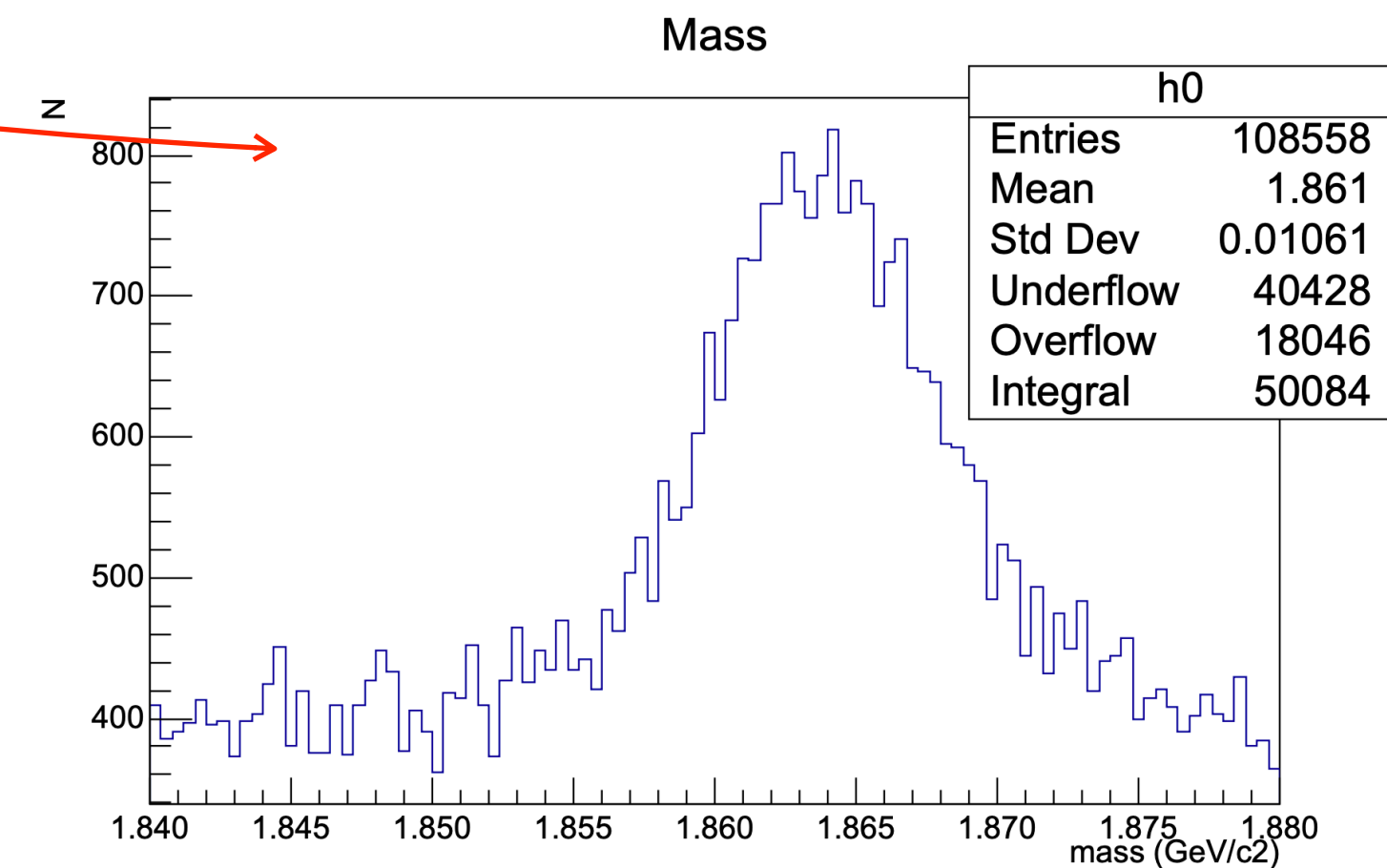
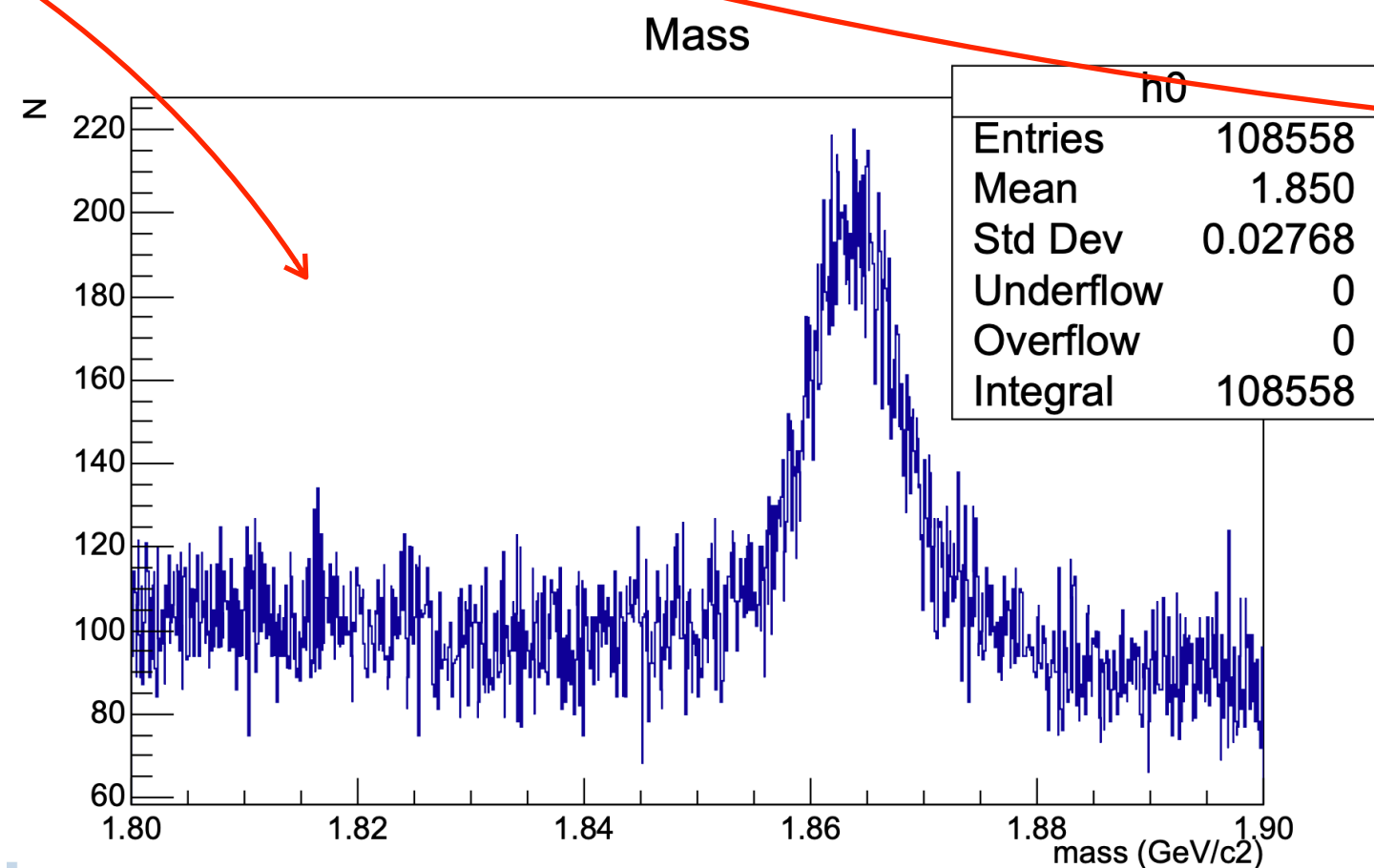
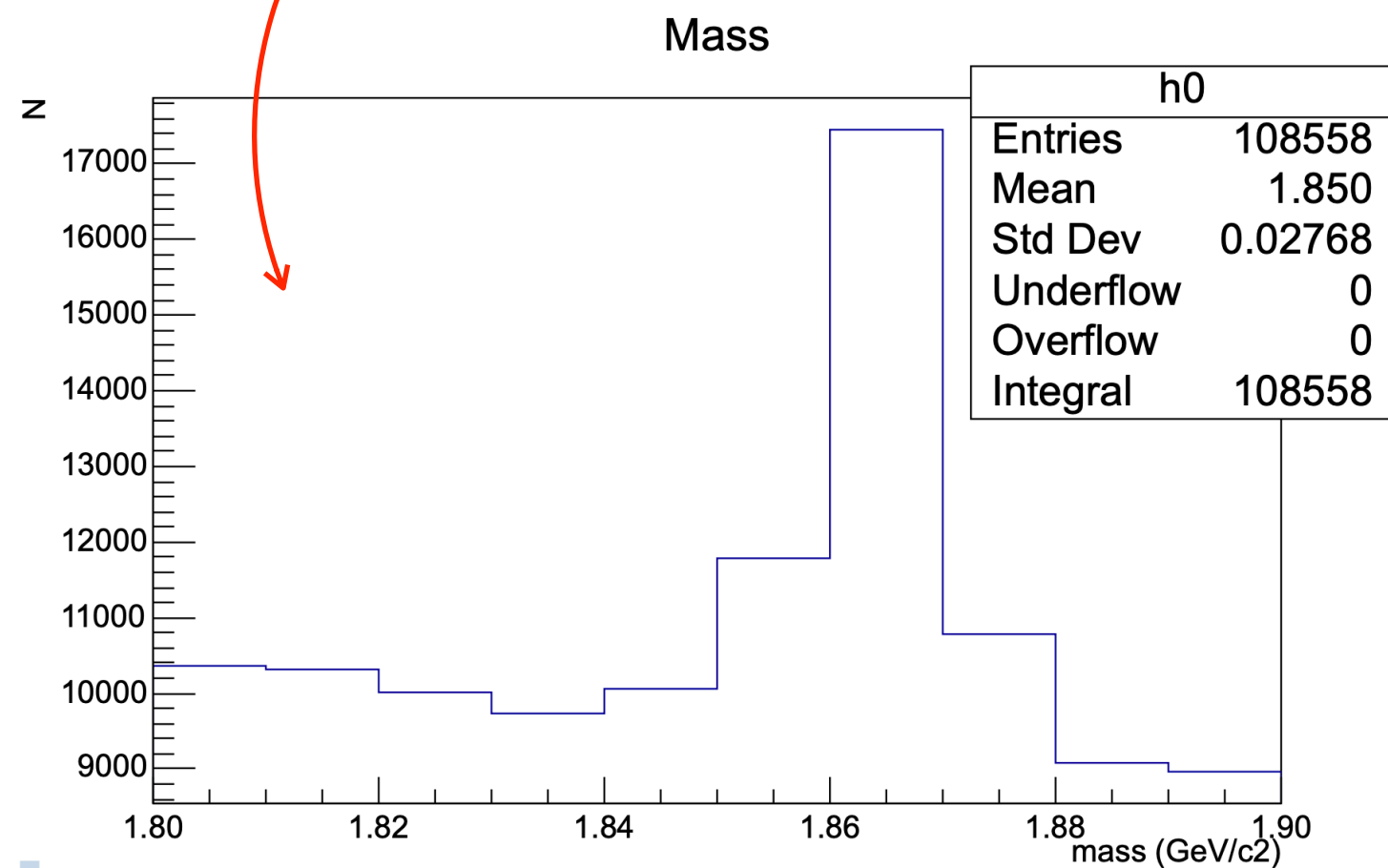
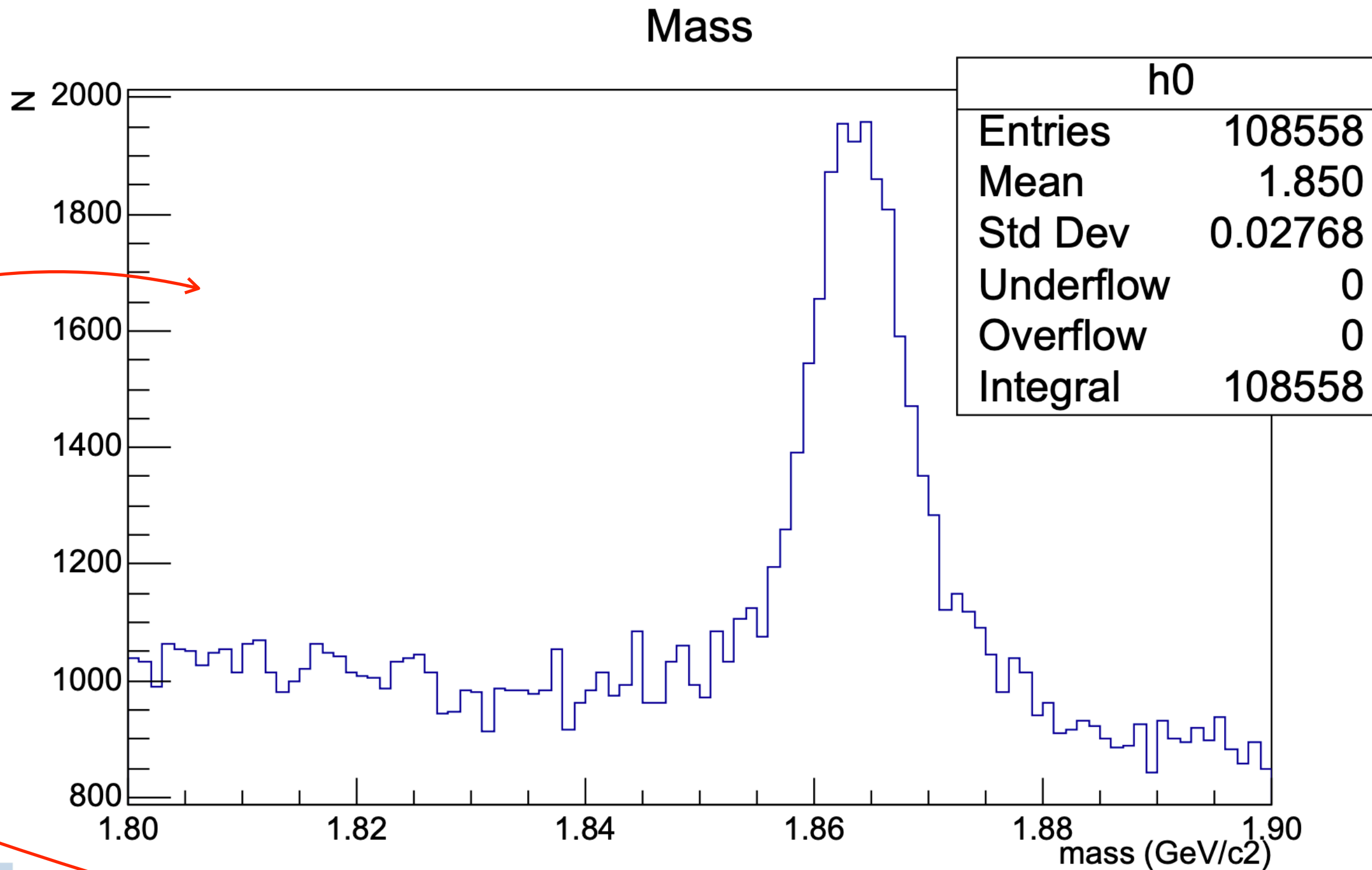
Invariant mass = 0.3524 GeV/c<sup>2</sup>

# Esempio

Run Analysis

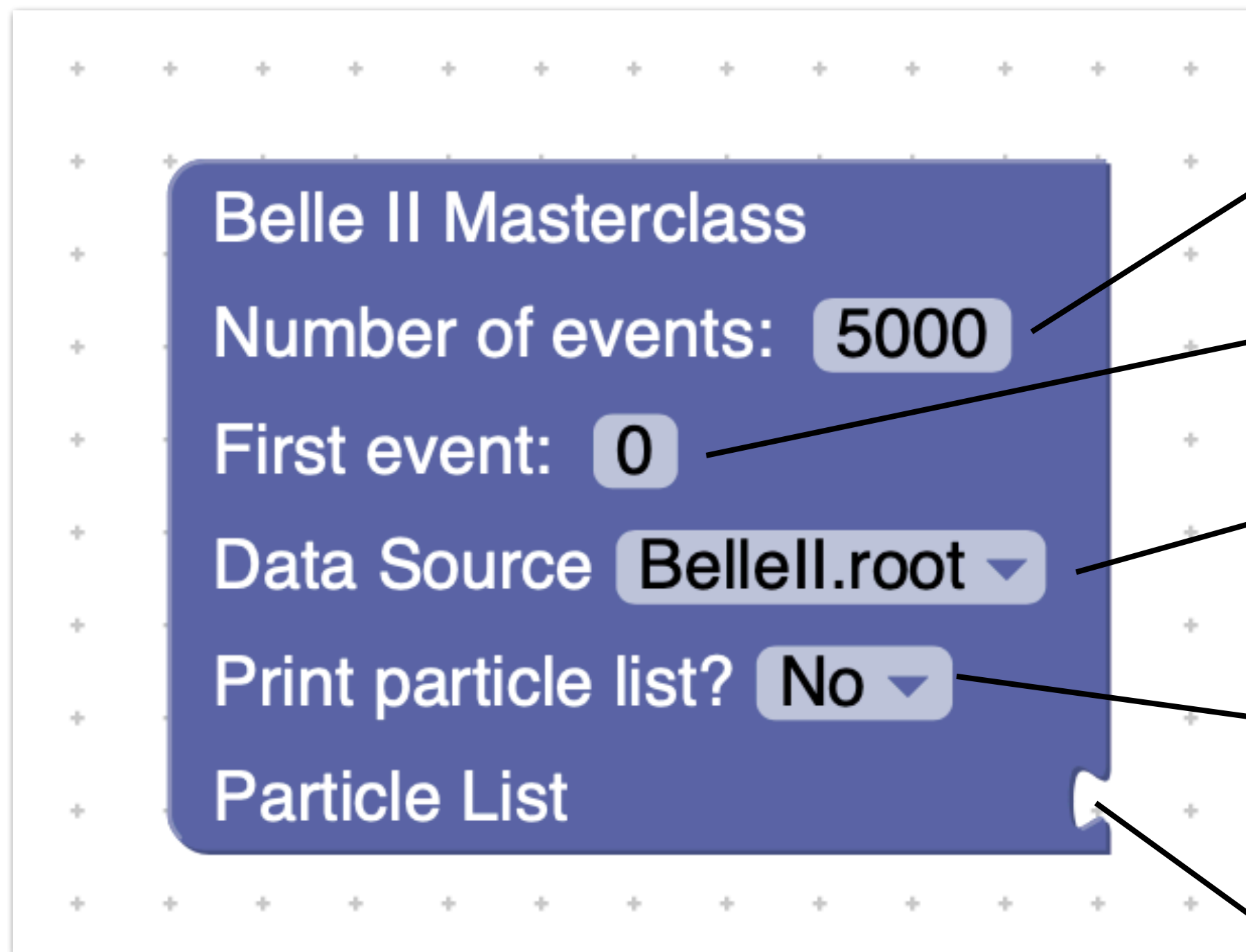
istogramma prodotto dall'esempio

stessa ricostruzione, istogrammi con numero di bin o range diversi



# Blocco Viola

scelta del campione di dati



nel file ci sono poco meno di 8 milioni di eventi, provate prima con pochi eventi (5000) e poi quando siete contenti delle vostre scelte, aumentate il numero di eventi ad esempio a 1 milione di eventi

il numero del primo evento, 0 va bene

**dovete selezionare il file Bellell.root**

scegliete se stampare la lista di particelle finali per i primi eventi

ci attacherete il blocco verde che ricostruisce il decadimento di una particella in 2 particelle finali

# Blocco Verde Felce

selezione delle particelle

Select Particles Simple

Particle

Charge **-1** ▼

Type **muon** ▼

Histograms

scegliete la carica della particella

scegliete il tipo di particella

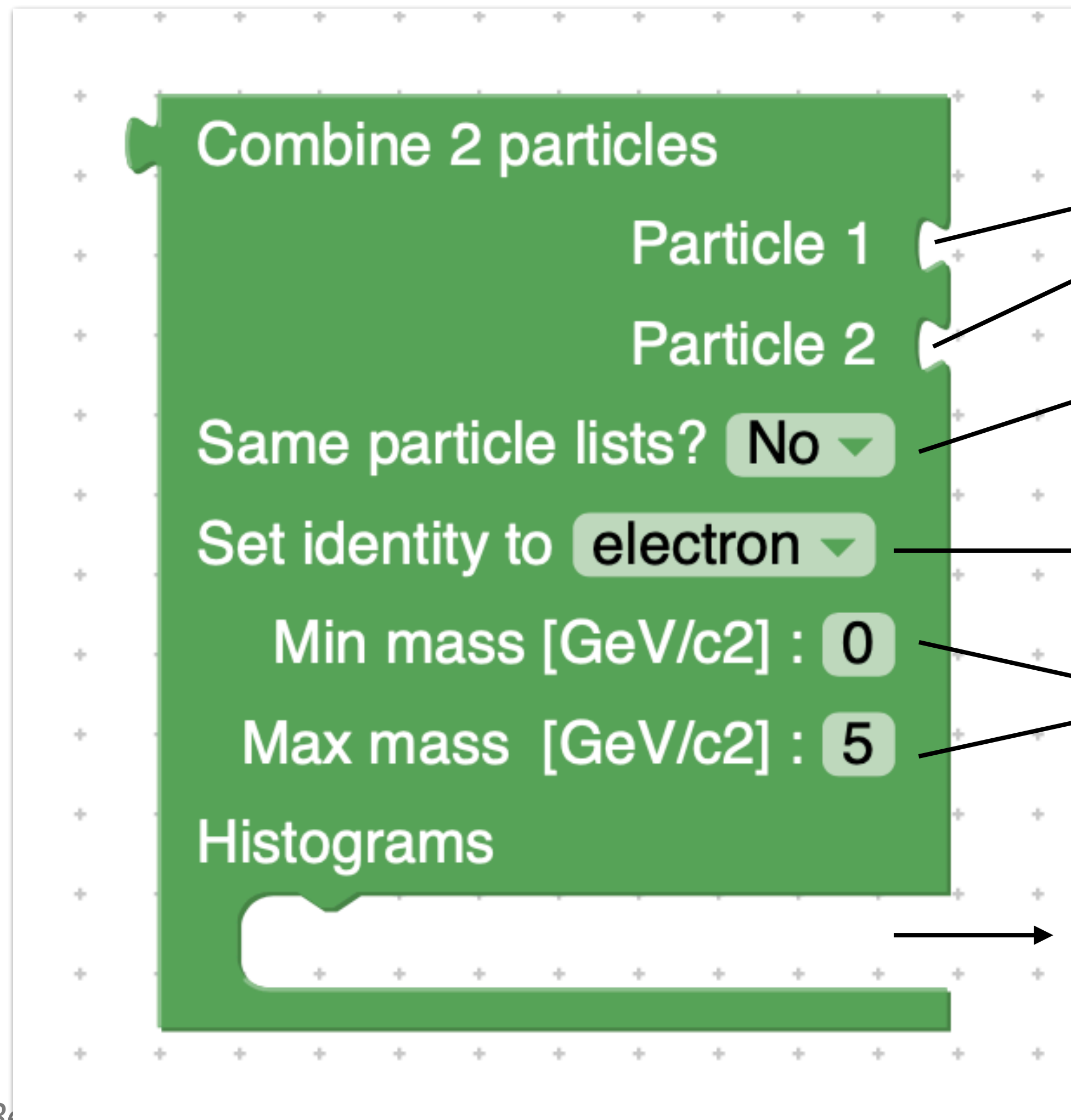
ci attaccherete il blocco marrone per la creazione di un istogramma per la particella selezionata

-1  
0  
1  
Any

electron  
muon  
pion  
kaon  
proton  
photon  
Phi meson  
D meson  
D\* meson  
J/Psi meson  
B meson  
all particles

# Blocco Verde

combinazione di due particelle



ci attaccherete il blocco verde felice per la selezione alle particelle finali in cui decade la particella che volete ricostruire

Particle1 & Particle2 non possono essere scelti dalla stessa lista di particelle

selezionate l'identità della particella ricostruita

selezione delle particelle ricostruite utilizzando la loro massa invariante

ci attaccherete il blocco marrone per la creazione di un istogramma per la particella selezionata

# Blocco Marrone

creazione istogrammi

Histogram Title **Mass** Number of bins **200** Min: **0** Max: **5** Variable **mass** ▾

scegliete il titolo dell'istogramma

scegliete il numero di bin dell'istogramma

scegliete il minimo e massimo dell'istogramma

scegliete la variabile di cui fare l'istogramma

variabili di cui si possono fare istogrammi

- mass
- momentum
- energy
- charge
- identity
- polar angle
- cos(polar ang.)
- px
- py
- pz
- pT

# Strumenti per il Fit

non è obbligatorio fare il fit a tutte le distribuzioni di massa invariante

scelta del dominio della funzione

scelta della funzione di fit

- Gaus
- Polynomial
- ✓ Gaus + Polynomial

media  
larghezza

prima di fare il fit bisogna  
aggiustare:

1. minimo e massimo valore che il parametro può acquistare
2. il valore di partenza di parametri (deve stare tra min e max!)
3. step: passi del fit per quel parametro

Click to fit

Range: min = 1.8 max = 1.9  $\chi^2/ndf = 6.636e+4 / 97 = 684.1$  ||  $N_{\text{signal}} = 19764$  ||  $N_{\text{background}} = 0$

Function: Gaus + Polynomial  $N \cdot e^{-\left(\frac{x-\mu}{4\sigma}\right)^2} + p0 + p1 \cdot x$

Name	Value	Min	Set	Max	Step
• $\mu$ :	1.86	1.82	<input type="range"/>	1.9	0.0001
• $\sigma$ :	0.004	0	<input type="range"/>	0.015999999	0.0001
• N:	1577	0	<input type="range"/>	3154	0.0001

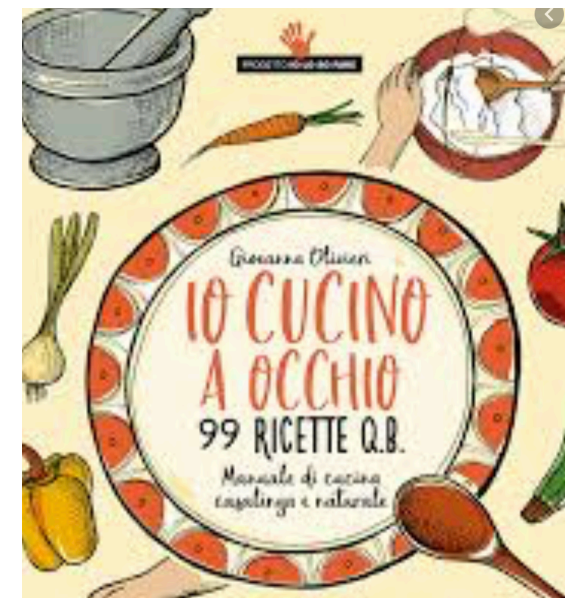
Polynomial order: 1

Name	Value	Min	Set	Max	Step
• p0:	0	-10	<input type="range"/>	10	0.0001
• p1:	0	-10	<input type="range"/>	10	0.0001
• p2:	0	-10	<input type="range"/>	10	0.0001
• p3:	0	-10	<input type="range"/>	10	0.0001
• p4:	0	-10	<input type="range"/>	10	0.0001

Show/Hide Fit Panel   To Process   Show/Hide Send result

# Stima dei Parametri

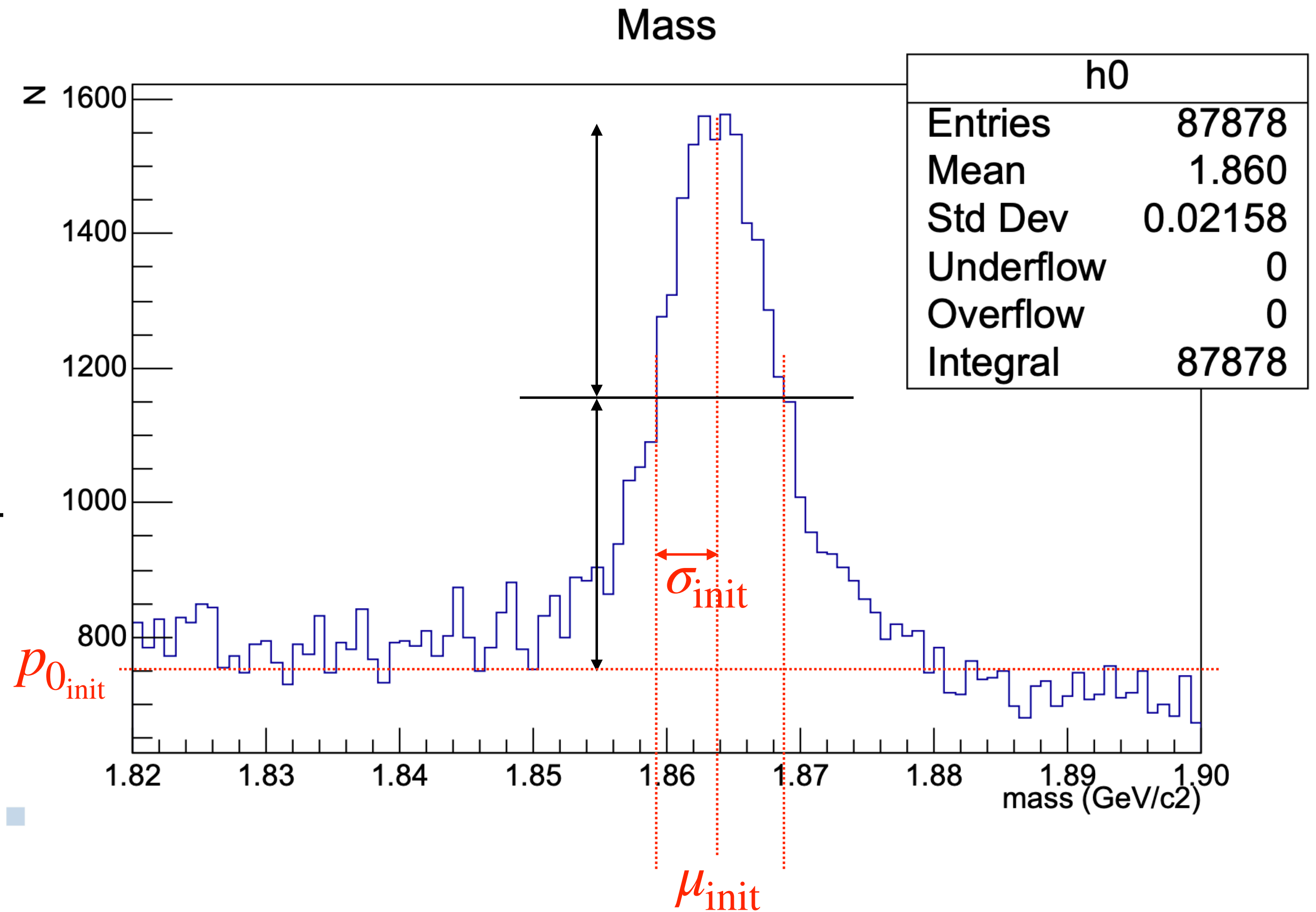
prima di fare il fit!



➔ funzione di fit:

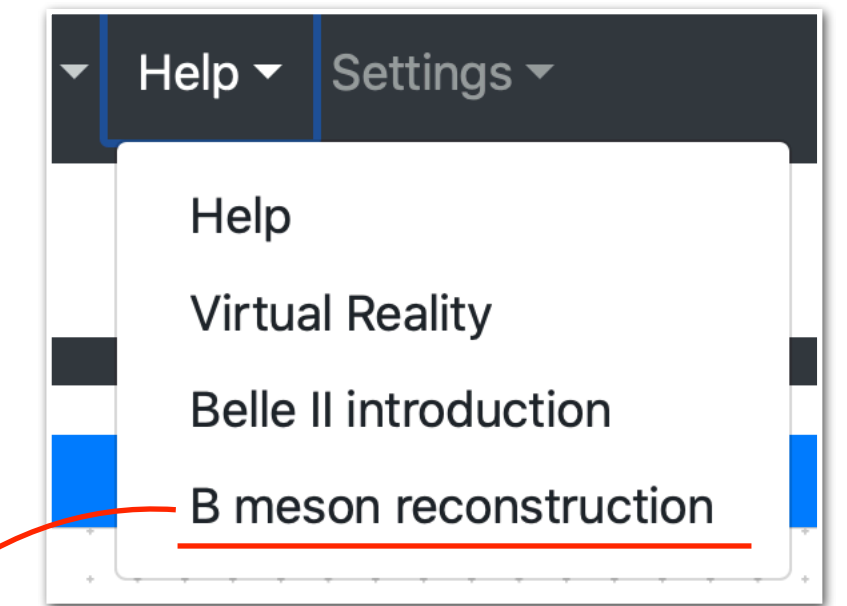
$$N \cdot e^{-\left(\frac{x-\mu}{4\sigma}\right)^2} + p_0 + p_1 \cdot x$$

- $1.86 < \mu < 1.87$ ,  $\mu_{\text{init}} = 1.85$
- $0.001 < \sigma < 0.01$ ,  $\sigma_{\text{init}} = 0.004$
- $600 < p_0 < 1000$ ,  $p_{0\text{init}} = 800$
- $-10 < p_1 < 10$ ,  $p_{1\text{init}} = 0$





# Controlla il Risultato e Spediscilo



➔ quando siete contenti del fit potete controllare il valore della massa estratto (non è obbligatorio farlo)

## On the way to a B meson

1.  $\pi^0 \rightarrow \text{???}$

$\pi^0$  mass

GeV/c<sup>2</sup>

Congratulations, you have reconstructed a  $\pi^0$  meson!

➔ poi sottomettete i risultati riempiendo i campi sotto:

Show/Hide Fit Panel   To Process   Show/Hide Send result

Particle name: inserite i nome e carica della particella

Particle charge:

Mass [GeV/c<sup>2</sup>]:

Width [GeV/c<sup>2</sup>]:

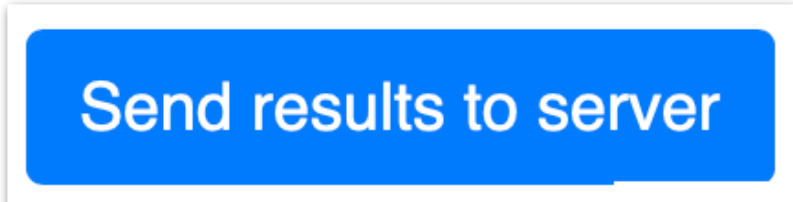
Events:

se salvate una seconda volta i risultati, vengono sovrascritti inserite i valori trovati dal fit

# Worksheet

➔ i risultati di tutte le vostre missioni vengono visualizzati nel worksheet

➔ alla fine di ogni esercizio, mandate i risultati al server cliccando su:



Belle II Masterclass Student worksheet

Send results to server **Clear worksheet** Close Window

mission: 0  
 particle: D  
 charge: 0  
 mass: XXXXXXXXXX  
 width: XXXXXXXXXX  
 events: XXXXXXXXXX

Show diagram  
**Delete this mission**

per cancellare i risultati di una missione

per cancellare **tutte** le missioni attenzione!

Mass

h0	
Entries	87878
Mean	1.860
Std Dev	0.02158
Underflow	0
Overflow	0
Integral	87878
$\chi^2 / \text{ndf}$	251.6 / 94
Prob	2.564e-16
N	<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>
$\mu$	<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>
$\sigma$	<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>
p0	<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>
p1	<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>
p2	<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>



**KEEP  
CALM  
AND  
BUON  
DIVERTIMENTO**